

качественно новый уровень энергосбережения в сфере ЖКХ г. Нягани и существенно улучшит качество предоставляемых услуг населению.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ВЛАГОПЕРЕНОСА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХРАНЕНИЯ СОЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Кузнецов Е.П., Кучеренко М.Н.
Тольяттинский государственный университет*

Современные тенденции развития экономики повышают, прежде всего, требования к наиболее рациональному использованию энергии в различных отраслях производства, в том числе и в сельском хозяйстве. Одной из проблем сельскохозяйственного производства является существенные потери сочного растительного сырья (СРС) вследствие неправильного его хранения. Необходимо создание современных технологий управления микроклиматом в помещениях, предназначенных для хранения продукции. Создание таких технологий возможно только при общем учете биологических характеристик сырья, динамики нестационарных процессов тепломассообмена и выявлении движущих сил тепломассопереноса.

Конечная задача хранения сочного растительного сырья – при заданном температурно-влажностном режиме – максимальная сохранность влаги в сырье. Рассмотрим решение задачи сохранности влаги в сырье, используя термодинамический подход, основанный на теории потенциала влажности. В этом случае для характеристики состояния влаги в системе «насыпь СРС - воздух» используется единое термодинамическое уравнение состояния относительного изменения свободной энергии для влаги в жидком состоянии в виде:

$$dF_{ж} = -s_{ж}dT + \left(-\frac{p_{ж}}{\rho_{ж}} + \mu_{ж} + \sum \mu_{жj} + \Theta_z \right) dm_{ж}, \quad (1)$$

где $s = \partial F / \partial T$ – энтропия; $p = \partial F / \partial V$ – давление; $\mu = \partial F / \partial m$ – химический потенциал фазы.

Согласно теории потенциала влажности, движущей силой процесса влагообмена является градиент или разность потенциалов влажности, которая определяет возможность, направление переноса и предел переходного процесса влагообмена для взаимодействующих сред.

Влагопоток W , г, от насыпи СРС массой $G_{мат,т}$, к продувочному воздуху (луч А-С, рис. 1):

$$W = \alpha_{\theta} (\theta_C - \theta_A) G_{мат}, \quad (2)$$

где θ_A , θ_C – начальный и конечный потенциал влажности воздуха в слое продукции, в процессе хранения, °В; α_{θ} – коэффициент влагопереноса, кг/(кг·ч·°В).

Величина потенциала влажности θ на входе в корректирующий слой определяется параметрами подаваемого воздуха и определяется графически по $I-d-\theta$ диаграмме.

Изменение параметров охлаждающего воздуха на $I-d-\theta$ -диаграмме изображено на рис. 1. В корректирующем слое воздух увлажняется от $\varphi_{в0}$ до $\varphi_p \cong \varphi_p$ и одновременно нагревается от $t_{в,0}$ до температуры нижней части основного слоя $t_{кmin}$ (процесс AB). Потенциал влажности воздуха вблизи поверхности хранящейся растительной массы $\theta_{нов}$ зависит от выделяемой в хранилищах влаги от дыхания и гниения.

Воздух удаляется из насыпи с параметрами точки C ($t_{к, max}$, φ_p , θ_c).

В процессе хранения разность потенциалов влажности поверхности сырья и воздуха $\Delta\theta$ определяется только разностью температур поверхности хранящегося сырья и воздуха Δt ввиду постоянного значения относительной влажности воздуха ($\varphi = \varphi_p = const$).

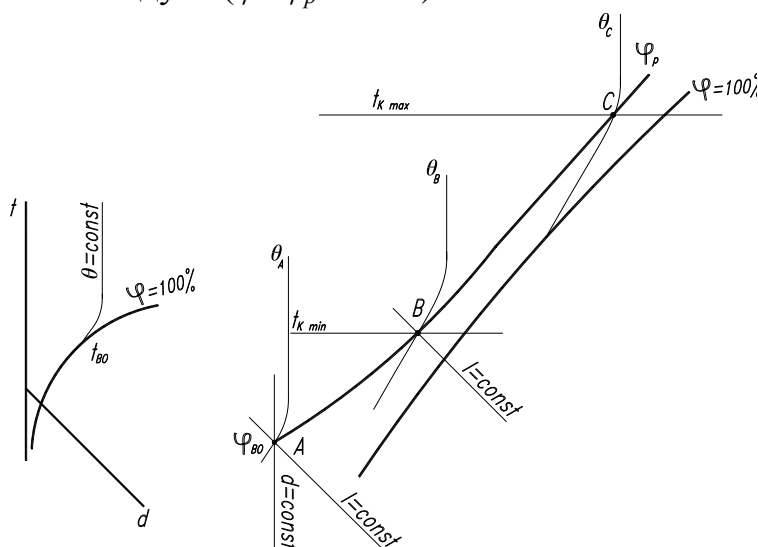


Рис. 1. К расчету коэффициента влагопереноса α_θ

Коэффициент α_θ по своему физическому смыслу является показателем интенсивности процесса влагопереноса.

Следует отметить, что значение коэффициента массообмена α_θ зависит от многих параметров, в частности от сортовых особенностей продукции, физико-механических показателей слоя, режимов эксплуатации систем кондиционирования микроклимата.

В то же время, количество влаги, поглощаемое воздухом, равно:

$$W = G_e (d_3 - d_1), \quad (3)$$

где G_e – расход продувочного воздуха, кг/ч, определяемый как

$$G_e = g_e G_{mat}, \quad (4)$$

где g_e – удельный расход воздуха, кг/(ч·т)

Из условия равенства выражений (6) и (7) получаем:

$$\alpha_\theta = \frac{g_e (d_3 - d_1)}{\theta_3 - \theta_1}. \quad (5)$$

Зависимость коэффициента массообмена α_θ от перепада температур носит экспоненциальный характер. Однако в диапазоне значений перепада температур от 0 до 10 °C график функции представляет собой линейную зависимость. Графическая зависимость $\alpha_\theta = f(t)$ для насыпи СРС, построенная на основе аналитических расчетов, приведена на рис. 2. Для аналитического определения коэффициента массообмена α_θ , с достаточной для инженерных расчетов степенью точности, предложено использовать следующие выражения:

$$\begin{aligned}
&\text{при } 10 < g_s < 20 & \alpha_\theta &= 0,25 \cdot \Delta t + 2,94; \\
&\text{при } 20 < g_s < 30 & \alpha_\theta &= 0,42 \cdot \Delta t + 4,9; \\
&\text{при } 30 < g_s < 40 & \alpha_\theta &= 0,59 \cdot \Delta t + 6,86,
\end{aligned}
\tag{6}$$

где Δt - температурный перепад уходящего и подающего воздуха, °С;
 g_s – удельный расход воздуха, кг/(ч·т).

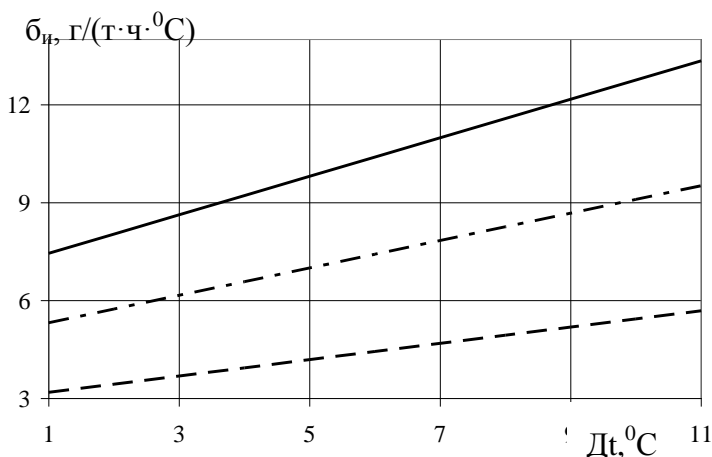


Рис. 2. Значения коэффициента α_θ в слое СРС в зависимости от удельного расхода продувочного воздуха:

- - при $10 < g_s < 20$;
- - - - - при $20 < g_s < 30$;
- — — — — при $30 < g_s < 40$.

Использование предложенных зависимостей определения коэффициента массопереноса в слое сочного растительного сырья значительно упрощает инженерный расчет процессов тепломассообмена в слое биологически активной продукции, позволяет оценить ассимилирующую способность тепла и влаги продуваемого воздуха через потенциал влажности, определить зоны усушки и возможного увлажнения сырья в зависимости от тепло- влажностных характеристик подаваемого воздуха и способа продувки.

Методика расчета с использованием $I-d-\theta$ диаграммы позволяет графически либо аналитически определить величину потенциала влажности воздуха и количество влаги, удаляемое из материала в процессе хранения, определить численные значения коэффициента влагопереноса α_θ , а также наглядно оценить возможность и пределы протекания процессов влагообмена в слое растительного сырья.

Библиографический список

1. Жадан В.З. Теоретические основы кондиционирования воздуха при хранении сочного растительного сырья. М.: Пищевая промышленность, 1972. 238 с.
2. Бодров В.И. Хранение картофеля и овощей: Инженерные методы создания и поддержания технологического микроклимата. Горький: Волго-Вятское книжное изд-во, 1985. 220 с.
3. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров [и др.]. Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. 623 с.
4. Богословский В.Н. О потенциале влажности // ИФЖ. 1965. Т. 8. С. 216–222.